

УТВЕРЖДАЮ



ОТЗЫВ

ведущей организации о диссертационной работе

Рожественской Татьяны Ивановны «Численное исследование свойств неоднородных жидкостей при обтекании кругового цилиндра», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 «Механика жидкости, газа и плазмы»

Диссертация посвящена исследованию методом численного моделирования обтекания цилиндра потоком стратифицированной жидкости. По сравнению со случаем однородной жидкости, расчеты течений около тел конечных размеров при наличии сил тяжести и меняющихся свойств среды значительно менее отражены в имеющейся литературе. В то же время знание особенностей таких течений является существенным для важных прикладных задач, связанных с исследованиями Мирового океана (например, обтеканием неровностей рельефа дна, движением подводных объектов, косяков рыб и т.д.), а также технических приложений. В этой связи создание комплекса компьютерных программ в рамках данной диссертации, позволяющих визуализировать возмущенные поля течений, и их применение для анализа особенностей обтекания при различных числах Рейнольдса и параметров стратификации представляются актуальными.

Диссертация состоит из введения, четырех глав заключения и списка цитированной литературы.

В **первой главе** приводится общая характеристика течений стратифицированной жидкости, краткий обзор литературы по их исследованию, используемые уравнения и постановка задачи. Существенную часть в ней занимает применяемый метод численного моделирования. Он является адаптацией хорошо зарекомендовавшего себя в случае

однородной жидкости метода Белоцерковского-Гущина-Коньшина применительно к уравнениям Навье-Стокса тяжелой несжимаемой жидкости, дополненных конвективно-диффузионным уравнением для солёности. Здесь, по нашему мнению, следует положительно оценить создание автором диссертации программного комплекса для реализации расчетов на массивно-параллельных вычислительных системах.

. Во **второй главе** приводятся результаты тестовых расчётов двумерных течений с различными значениями параметров Рейнольдса и Фруда, позволяющие сравнить численные и экспериментальные данные и в тоже время выявить общую картину течения. Особый интерес здесь представляет полученная численно и наблюдаемая экспериментально структура поля солёности (и, следовательно, поля плотности) с резкими изменениями на оси в поперечном направлении за цилиндром, а также эффект блокировки жидкости перед цилиндром. Эти явления отсутствуют в случае однородной жидкости.

Третья глава содержит исследование двумерных течений жидкостей с двумя различными периодами плавучести в диапазоне чисел Рейнольдса Re от 25 до 113.5. В ней приводится изменение характера течения в зависимости от числа Re : изменение размеров блокировки, расположения и амплитуды внутренних волн и другие особенности течений. В работе отмечается, что впервые исследовано появление застойных зон в следе за цилиндром для жидкости с небольшим периодом плавучести; объяснено их появление и зависимость их размера от числа Рейнольдса. Исследована форма линий равной солёности перед цилиндром.

Особый интерес представляет **четвертая глава**, в которой изучается пространственные поля течений, возникающие при поперечном обтекании кругового цилиндра конечной длины. Здесь представлены результаты численного моделирования для достаточно широкого диапазона чисел Рейнольдса (от 300 до 1000) при различных значениях числа Фруда и параметра стратификации. Полученный большой объем информации позволил автору работы оценить ряд эффектов (влияние трехмерности, проявляющееся в частности в изменении углов отрыва потока вдоль оси цилиндра, распространение возмущений вверх по потоку в зависимости от числа Рейнольдса). Представленное в четвертой главе обширное параметрическое исследование вполне соответствует современному уровню решения пространственных задач аэрогидродинамики.

Оценивая работу в целом, отметим следующее.

Автором диссертации разработан и использован комплекс программ для расчетов класса двумерных и пространственных течений стратифицированной жидкости, основанный на эффективном численном алгоритме и рассчитанный на применение высокопроизводительных вычислительных систем. Осуществлена валидация методики путем сравнения экспериментальных и расчетных данных, что указывает на достоверность последних.

Получены достаточно обширные численные результаты, позволившие автору описать общие закономерности рассматриваемого класса течений и выявить некоторые новые их свойства. Основанная на них информация вносит вклад в исследование сложных явлений, которые могут происходить, в частности, в толще океанической среды

К числу недостатков работы можно отнести следующие.

1. Из текста диссертации не всегда ясно, идет ли речь о стационарных или нестационарных полях течений. С одной стороны говорится об установлении решений, а с другой употребляются термины «нестационарные внутренние волны», «мгновенные поля». Отсутствуют какие-либо комментарии по поводу возможного возникновения нестационарных режимов (например, при числах Рейнольдса порядка 1000 в случае пространственного обтекания).

2. Описание рисунков в некоторых случаях затрудняют их интерпретацию. Например, на рис.2 из главы трудно усмотреть «наклонные линии, плавно переходящие в концентрические окружности». Приходится расшифровывать фразу «фазовые поверхности присоединенных внутренних волн отклоняются от полуокружностей в окрестности плотностного следа, где они увлекаются средним течением».

Указанные недостатки не изменяют общую положительную оценку результатов диссертационной работы Т.И. Рождественской «Численное исследование свойств неоднородных жидкостей при обтекании кругового цилиндра». Она удовлетворяет требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ №842 от 24 сентября 2013г., предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор – Рождественская Татьяна Ивановна – заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 «Механика жидкости, газа, плазмы».

Заведующий отделом прикладной математической физики,
доктор физико-математических наук,
профессор



А.И. Толстых

Почтовый адрес: 119333, Москва, ул. Вавилова, 40

Тел. (499) 135 1598

tol@ccas.ru